



RAPPORT LNR 4768-2003

## **N**edlagte deponier i Arendal kommune

Oppfølgende undersøkelser  
i 2002 - 2003



**Hovedkontor**

Postboks 173, Kjelsås  
0411 Oslo  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 22 18 52 00  
Internet: www.niva.no

**Sørlandsavdelingen**

Televeien 3  
4879 Grimstad  
Telefon (47) 37 29 50 55  
Telefax (47) 37 04 45 13

**Østlandsavdelingen**

Sandvikaveien 41  
2312 Ottestad  
Telefon (47) 62 57 64 00  
Telefax (47) 62 57 66 53

**Vestlandsavdelingen**

Nordnesboder 5  
5005 Bergen  
Telefon (47) 55 30 22 50  
Telefax (47) 55 30 22 51

**Akvaplan-niva**

9296 Tromsø  
Telefon (47) 77 75 03 00  
Telefax (47) 77 75 03 01

Tittel Nedlagte deponier i Arendal kommune Oppfølgende undersøkelser i 2002-2003	Løpenr. (for bestilling) 4768-2003	Dato 2003-12-10
	Prosjektnr. Undernr. O-22100	Sider Pris 35
Forfatter(e) Iversen, Eigil Rune	Fagområde	Distribusjon
	Geografisk område Aust-Agder	Trykket NIVA 2003

Oppdragsgiver(e) Arendal kommune, Kommunalteknikk	Oppdragsreferanse L.nr. 037545/01
--	--------------------------------------

<p>Sammendrag</p> <p>Det er foretatt oppfølgende undersøkelser ved 4 avsluttede deponier i Arendal kommune. Undersøkelsene har gitt en bedre oversikt over forurensningsgtransporten fra deponiene og effekter i resipientene mht til miljøgifter. Forurensningstransporten fra samtlige deponier vurderes som relativt beskjeden slik at det ikke er behov for ytterligere tiltak ut over å føre tilsyn med PCB-trasporten fra ett av dem da denne var en del høyere enn ved de andre.</p>
---

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Søppelfylling</li> <li>2. Avrenning</li> <li>3. Vannkvalitet</li> <li>4. Arendal</li> </ol>	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Landfill</li> <li>2. Run-off</li> <li>3. Water quality</li> <li>4. Arendal</li> </ol>
--	--

*Eigil Rune Iversen*

Prosjektleder

*Helge Liltved*

Forskningsleder

*Nils Roar Sælthun*

Forskningsdirektør

ISBN 82-577-4443-3

O-22100

**Nedlagte deponier i Arendal kommune**

Oppfølgende undersøkelser 2002-2003

## Forord

Etter anmodning fra Miljøvernavdelingen, Fylkesmannen i Aust-Agder har Arendal kommune gjennomført en supplerende undersøkelse av forurensningstransporten fra 4 avsluttede deponier. Feltundersøkelsene har pågått i en periode på ett år.

Den rutinemessige innsamling av prøver og vannføringsobservasjoner har vært foretatt av NIVAs Sørlandsavdeling ved Lise Tveiten. NIVAs instrumensentral ved Tom Chr. Mortensen har stått for montering og kalibrering av vannmengdemåling. Arendal kommune har lagt til rette for feltarbeidet. Vi takker Arendal kommune for samarbeidet.

Oslo, 10.desember 2003

*Eigil Rune Iversen*

# Innhold

<b>Sammendrag</b>	<b>6</b>
<b>Summary</b>	<b>7</b>
<b>1. Innledning</b>	<b>8</b>
1.1 Bakgrunn	8
1.2 Undersøkelsesopplegg	8
1.2.1 Lokalisering av deponier	8
1.2.2 Uorganiske analyser	8
1.2.3 Organiske mikroforurensninger	9
<b>2. Resultater</b>	<b>10</b>
2.1 Høgedal deponi	10
2.1.1 Vannføringsmålinger	10
2.1.2 Analyseresultater	11
2.1.3 Transportverdier	12
2.1.4 PCB i strømmende vann	13
2.2 Klodeborg deponi	14
2.2.1 Vannføringsmålinger	14
2.2.2 Analyseresultater	15
2.2.3 Transportverdier	15
2.2.4 PCB i strømmende vann	15
2.2.5 Analyse av sedimenter	16
2.3 Gjerstad deponi	17
2.3.1 Analyseresultater	17
2.3.2 Transportverdier	18
2.3.3 Analyse av sedimentprøver i sjøen	18
2.4 Ura deponi	19
2.4.1 Analyseresultater	19
2.4.2 Analyse av sedimentprøver	20

---

<b>3. Samlet vurdering</b>	<b>21</b>
<b>4. Referanser</b>	<b>23</b>
<b>Vedlegg A. Analyseresultater</b>	<b>24</b>
<b>Vedlegg B. Resultater fra analyse av PAH og PCB i sedimentprøver tatt i Mortensplass-tjern ved Klodeborg deponi (jernmalmgruve)</b>	<b>29</b>
<b>Vedlegg C. Analyse av sedimentprøver tatt i sjøen utenfor Ura deponi, Eydehavn og i Sandumkilen utenfor bekk fra Gjerstad deponi, Tromøya</b>	<b>32</b>
<b>Vedlegg D. Analyse av klorerte forbindelser i passiv prøvetaker med SPMD (semipermeabel dialysemembran)</b>	<b>34</b>

---

## Sammendrag

Med bakgrunn i en undersøkelse av 9 deponier i Arendal kommune som ble gjennomført i 1999-2000 er det foretatt en oppfølgende undersøkelse ved 4 av disse deponiene. Følgende deponier har vært undersøkt: Høgedal, Klodeborg, Gjerstad og Ura. Bortsett fra Ura deponi der det kun har vært tatt to stikkprøver, har undersøkelsene ved de øvrige strukket seg over en periode på ett år fra februar 2002. Ved det største deponiet, Høgedal, ble det gjennomført kontinuerlige vannføringsmålinger av avrenningen. Ved de øvrige ble vannføringen målt manuelt ved hver prøvetaking.

Feltundersøkelsene har gjort det mulig å beregne et forholdsvis pålitelig anslag for hvor stor forurensningstransporten fra deponiene er. Transporten er sterkt avhengig av nedbør og klima og varierer derfor mye i løpet av året og sannsynligvis fra år til år.

Høgedal deponi betyr mest når det gjelder forurensningstransport av uorganiske komponenter. Viktigste komponenter i avrenningen er jern og ammonium. Den øvrige tungmetalltransport med kvikksølv er meget beskjedent. PCB-transporten fra deponiet er tydelig, men beskjedent. I perioder med stor avrenning går deler av den i overløp til Biebekken. Det er mulig å spore effekter av disse tilførselene mht. ammonium- og metallnivåer i Biebekken etter at de er blandet inn. Tungmetallnivåene i bekken er imidlertid lave. Det er ikke behov for tiltak ved deponiet av hensyn til avrenningens størrelse eller sammensetning.

Forurensningstransporten fra Klodeborg deponi er betydelig mindre enn fra Høgedal mht. uorganiske komponenter. Avrenningen fra deponiområdet går til et lite tjern der sedimentene er noe påvirket av tilførsler av PCB og PAH. Tilførselene synes å komme fra deponiområdet. PCB-transporten fra Klodeborg vurderes som beskjedent, men var vesentlig høyere enn fra Høgedal. Det var ikke mulig å vurdere om PCB-kilden er avfallet som er deponert i gruva, eller etterlatenskaper etter den tidligere gruvedriften. Det er ikke foreslått ytterligere tiltak i området ut over å føre tilsyn med PCB-nivåene i overløpsvannet fra gruva og i sedimentene etter en tid. Av estetiske årsaker bør det vurderes å fjerne avfall i overflaten på dagåpningen på gruva.

Ved de to andre deponiene er forurensningstransporten betydelig mindre. Det ble ikke påvist unormale PCB-konsentrasjoner i sedimentene i sjøen der bekker fra deponiområdene munner ut.

## Summary

Title: Closed municipal solid waste landfills in municipality of Arendal. Follow-up assessments 2002-2003.

Year: 2003

Author: Eigil Rune Iversen

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 82-577-4443-3

This report presents the results from a follow-up assessment at 4 closed municipal landfills in the municipality of Arendal. The landfills, Høgedal, Klodeborg, Gjerstad and Ura, were assessed in a previous work carried out in 1999-2000. In the latest field work, accomplished in the period february 2002-february 2003, the transport of pollutants was estimated by analysing 7 grab samples and measuring the flow. At Høgedal the water flow was recorded continuously.

The Høgedal site is the biggest of the 4 landfills. The main components in the leachate is ammonia and iron. The transport of inorganic pollutants from all the sites are relatively low. Traces of low chlorinated PCB are detected at Høgedal and Klodeborg. The Klodeborg site is a flooded abandoned iron mine used for illegal disposal of mixed municipal solid waste. At this site elevated levels of PCB in the sediments in a small lake close to the mine.



# 1. Innledning

## 1.1 Bakgrunn

Arendal kommune ble i brev fra Miljøvern avdelingen, Fylkesmannen i Aust-Agder anmodet om å følge opp noen av de deponiene som ble undersøkt i 1999-2000 med supplerende undersøkelser slik som det ble anbefalt i NIVAs rapport L.nr. 4312-2000 av 08.12.2000.

Følgende deponier skulle omfattes av de nye undersøkelsene :

Lokalitet nr. 1 – Høgedal

Lokalitet nr. 2 – Ura

Lokalitet nr. 5 – Gjerstad

Lokalitet nr. 9 – Klodeborg

Norsk Institutt for Vannforskning, NIVA laget et programforslag den 21.11.2001 som ble lagt til grunn i bestilling av 11.12.2001.

## 1.2 Undersøkelsesopplegg

Undersøkelsesprogrammet har hatt ett års varighet og pågikk i perioden februar 2002 - februar 2003. Feltundersøkelsene har bestått i rutinemessig prøvetaking av dremsvann fra deponiene i denne perioden med måling av vannføring ved hver prøvetaking. Ved det største deponiet, Høgedal, ble vannføringen målt kontinuerlig vha. vannføringslogger. Det ble videre foretatt undersøkelser av PCB-transporten fra to av deponiene, Høgedal og Klodeborg, vha passiv prøvetaker som samlet opp PCB over en periode på 1 måned. Ved Klodeborg ble det også foretatt supplerende undersøkelser av PCB og PAH-innhold i sedimentene i et lite tjern som mottar dremsvann fra deponiet. I resipienten utenfor deponiene ved Ura og Gjerstad ble det også tatt sedimentprøver for kontroll av PCB-nivåer.

### 1.2.1 Lokalisering av deponier

Posisjonene for lokalitetene og der det ble tatt prøver av sigevann ble målt vha GPS. I tabellen under er posisjonene oppgitt. De enkelte stasjonene er også markert på kartutsnittene under omtalene av de enkelte deponiene.

Lokalitet	Posisjon målt med GPS
Høgedal deponi	N58° 30,151' ; E8° 50,188'
Utløp kulvert Høgedal deponi	N58° 27,931' ; E8° 44,561'
Klodeborg gruve (deponiet)	N58° 27,040' ; E8° 43,417'
Overløp sjakt Klodeborg gruve	N58° 26,946' ; E8° 43,260'
Brønn i Ura deponi	N58° 30,341' ; E8° 51,566'
Bekk fra Gjerstad deponi	N58° 27,493' ; E8° 49,904'

### 1.2.2 Uorganiske analyser

Alle analysene er utført ved NIVA etter akkrediterte metoder. Metallanalysene unntatt kvikksølv er utført vha flammeemisjonsteknikk med massespektrometer som detektor (ICP-MS). Kvikksølv ble bestemt separat med egen teknikk, flammeløs atomabsorpsjon med konsentrering i et amalgameringsystem.

### 1.2.3 Organiske mikroforurensninger

#### PCB i strømmende vann

I de senere år har NIVA tatt i bruk en spesiell konsentreringsteknikk for kartlegging av tilførsler av organiske mikroforurensninger (Skei et al, 2000). For å konsentrere PCB-innholdet i vannet ble det benyttet LDPE - SPMD membraner som er laget av polyetylen med lav tetthet (LDPE = low density polyethylene) tilsatt 1 ml. (0,95 g) med syntetisk triolein (1,2,3-tri-(cis-9-octadecanonyl) glyserol) på laboratoriet og forseglet. Triolein er et nøytralt høy-molekylærvekts lipid. Den har en molekylvekt på over 700 g/mol, og utgjør hovedbestanddelen av nøytralt fett i fisk.

SPMD-membranene har transportkanaler på 5 - 10 Å (0,5 - 1 nm). Cellemembranen hos fisk har en poreåpning på 9 - 11 Å. Dette gjør SPMD svært sammenlignbart med hensyn til opptak av organiske forbindelser i fisk. Membranens tykkelse, overflate, og substratvolum er faktorer som sterkt innvirker på den tiden det tar før likevekt mellom SPMD og vannfasen oppnås. Opptak i SPMD er først og fremst en funksjon av motstanden i membranen. Masse transportskoeffisienten for komponentene gjennom membranen er kontrollert av tykkelsen og overflatearealet til membranen.

Tverrsnittdiameteren av de fleste organiske molekyler er litt mindre enn transportkanalene i membranen, og kan dermed konsentreres i løst form. Assosiert med partikler og kolloider er disse for store til å transporteres gjennom kanalene i membranen. SPMD-membraner med triolein har vist seg å være svært effektive med hensyn til å ekstrahere persistente organiske forbindelser som PCB fra både fra vann og luft. Opptaksraten påvirkes av en rekke forhold som vannets temperatur, konsentrasjon av PCB, fordelingskoeffisienter, pH-verdi, vannhastighet m.fl. Vanligvis oppnås likevekt mellom PCB i vannets og trioleinen i membranen etter 7-30 dager. En har imidlertid lite erfaringer med hvordan en skal tolke resultatene for lokaliteter som kulverten fra Høgedal deponi og i sjakten fra Klodeborg jernmalmgruve. Her vil vannhastigheten variere mye over tid, særlig i kulverten. Siden transporten av PCB inn i membranen tar tid, vil det derfor være usikkerhet mht til å beregne transport av PCB ved disse lokalitetene. Et annet forhold som en også må ta hensyn til, er at membranene i større grad konsentrerer lavklorerte forbindelser enn høyklorerte. Disse forhold betyr at denne konsentreringsteknikken ikke gir et fullstendig bilde av PCB-transporten. Tidligere har en anvendt teknikken i lignende lokaliteter som i sølvgruvene i Kongsberg kommune (Iversen, 2003) der enkelte sjakter er benyttet for ureglementert deponering av avfall fra publikum som i Arendal kommune. En har etterhvert fått en del erfaringer som har vist at teknikken godt egnet til å påvise relative forskjeller og således bidra til å kartlegge lokaliteter der det kan være PCB-kontaminering.

Membranene er produsert av Origo Hb v/ Per-Anders Bergqvist, Miljökemi, Umeå Universitet, Sverige. Membranene ble montert i stålbur med lengde 35 cm, diameter 15 cm og hulldiameter 6 mm. Burene ble plassert i væskestrømmen slik at de alltid var dekket med vann. Membranen er en lang, flat og myk plasttube ca 91cm lang, 2,5 cm bred og med veggtykkelse ca. 80 µm. Membranen var på forhånd fylt med triolein som var fordelt over hele lengden. Trioleinen danner en tynn væskefilm inne i membranen for å oppnå maksimalt forhold mellom overflate og volum.

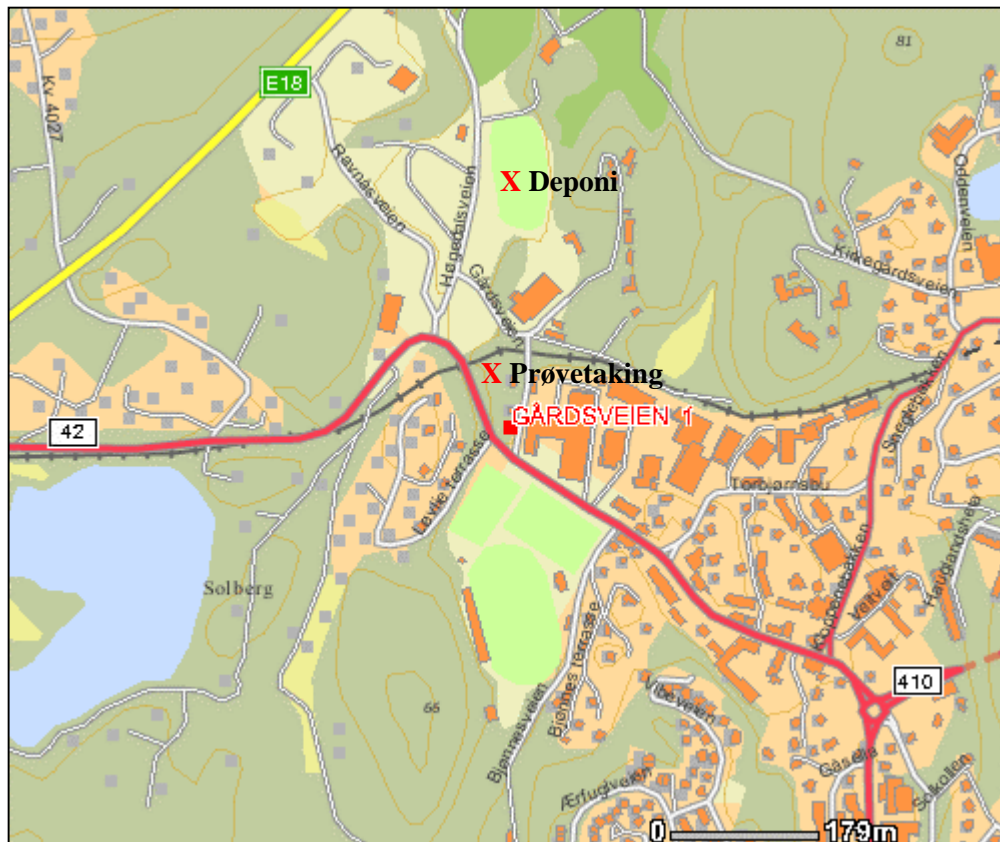
#### PAH og PCB i sedimenter

Analysene ble utført på NIVA etter frysetørring, ekstraksjon i soxhlet med etterfølgende analyse vha. GC med MSD eller ECD-detektorsystem.

## 2. Resultater

### 2.1 Høgedal deponi

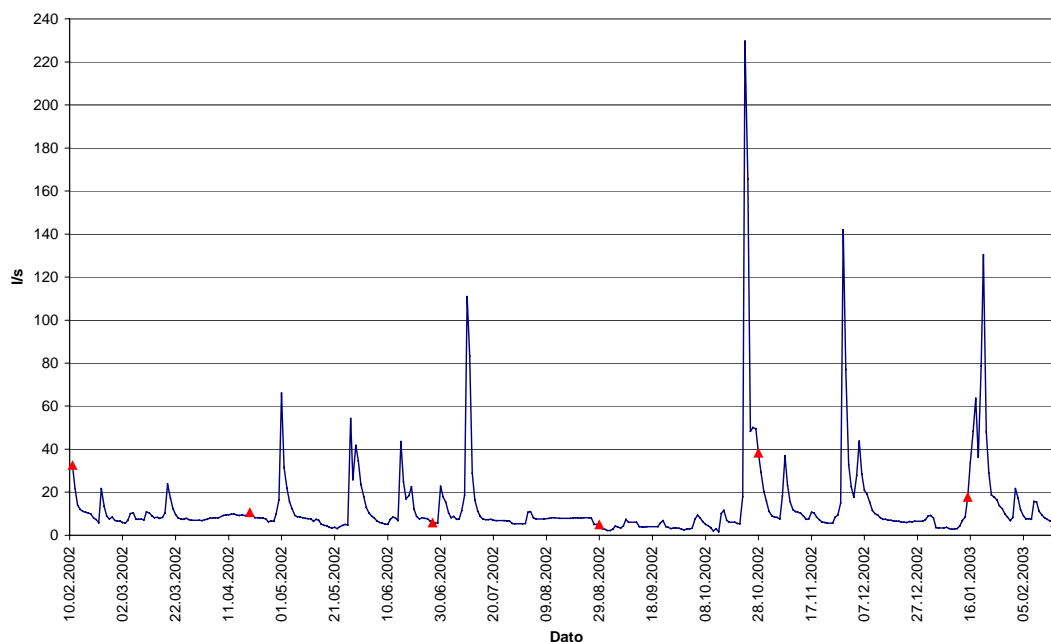
Prøvetakingsstasjonen for feltundersøkelsene ved Høgedal deponi ble som ved foregående undersøkelse lagt til utløpet av kulverten under jernbanelinjen. Her ble det også montert en monitor for vannføringsmålinger. Figur 1 viser et kartutsnitt der deponiområdet og prøvetakingsstasjonen er markert.



**Figur 1.** Kartutsnitt med markering av Høgedal deponi og prøvetakingssted.

#### 2.1.1 Vannføringsmålinger

Vannføringsmålingene ved utløpet av kulverten ble foretatt hvert 10. minutt. Dataloggeren lagret en beregnet timesmiddelerverdi. Ved hjelp av timesverdiene er døgnmiddel vannføringen beregnet. Figur 2 viser forløpet av døgnmiddel vannføringene ved utløpet av kulverten for hele måleperioden. På figuren er også markert prøvetakingstidspunktene.



**Figur 2.** Døgnmiddelvannføringer i kulvert fra Høgedal deponi under jernbanelinjen med markering av prøvetakingstidspunkter.

I tabell 1 er gjort en sammenstilling av nøkkeltall for vannføringsregistreringene. Årsavrenningen er beregnet ved å summere døgnmiddelaavrenning. De øvrige verdier er beregnet vha. timesmiddelvannføringer. Registreringene viser at vannføringen i kulverten kan variere svært mye over korte tidsrom avhengig av nedbør og snøsmelting. Flomtoppene er kortvarige. Ingen av prøvetakingstidspunktene traff noen av flomtoppene. Prøvetakingstidspunktene traff likevel et forholdsvis bredt vannføringsområde mellom ca. 2 og 40 l/s.

**Tabell 1.** Avrenningstall for kulvert nedenfor jernbanelinje

Aritm. middel	13,3	l/s
Maks.verdi	294,9	l/s
Min.verdi	1,6	l/s
Median	7,9	l/s
Årsavrenning feb.2002 - feb.2003	421566	m <sup>3</sup>

### 2.1.2 Analyseresultater

Avrenningen fra Høgedal føres inn på kommunalt nett. Når det er stor vannføring, er det overløp på en av pumpestasjonene slik at deler av avrenningen går til Biebekken. For å vurdere virkningene i Biebekken er det gjennomført et prøvetakingsprogram for bekken innenfor et annet program. Prøvetakingene i bekken ble samordnet med prøvetakingen i kulverten. Av hensyn til oversikten er resultatene for prøvetakingene i bekken også tatt med i denne rapporten.

Analyseresultatene for de prøver som er tatt er samlet i tabell 6, tabell 7, tabell 8 og tabell 9 i vedlegg A bak i rapporten.

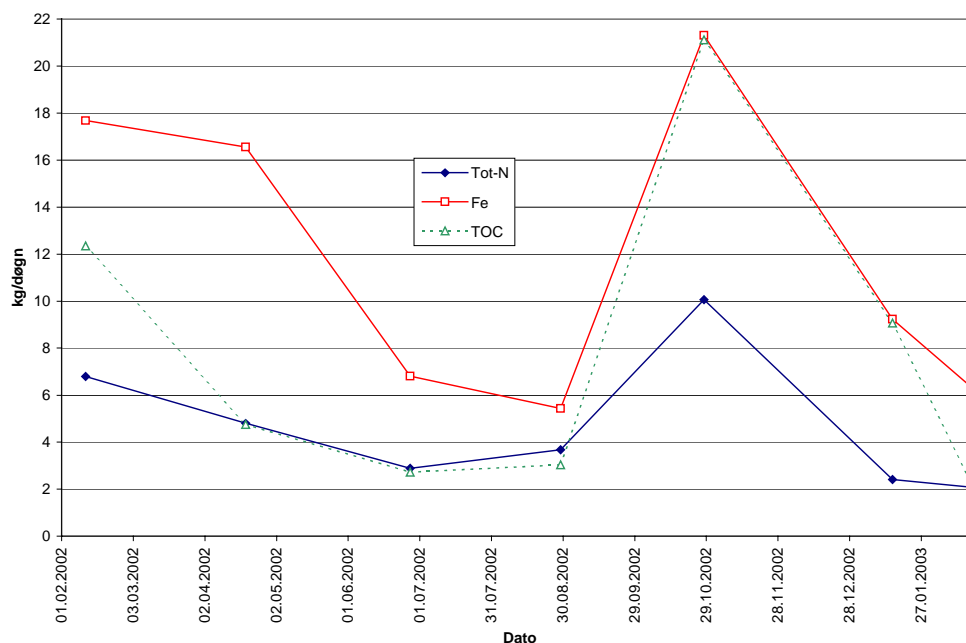
Resultatene for vannet i kulverten (tabell 6) viser beskjedne endringer i forhold til observasjonene i 2000. Viktigste komponenter i sigevannet fra fyllplassen er nitrogen og jern. Mesteparten av nitro-

geninnholdet foreligger som ammonium. Bortsett fra jern er tungmetallkonsentrasjonene forholdsvis lave i avrenningen. Innholdet av organisk stoff bestemt som totalt organisk karbon er også lavt.

Prøvetakingene i Biebekken (tabell 7, tabell 8 og tabell 9) viser at det er mulig å spore tilførsene fra Høgedal i bekken etter at sivevannet er blandet inn. I perioder er det intet overløp i pumpestasjonen. Når det er overløp, kan en spore en økning i ammonium- og jerninnholdet i bekken. Selv om de øvrige tungmetallkonsentrasjonene er lave, kan en likevel spore en økning i verdiene for de fleste av metallene.

### 2.1.3 Transportverdier

Ved hjelp av analyseresultat og vannføringsobservasjon kan en anslå en døgntransport fra deponiet. I figur 3 er vist observasjonsmaterialet for totalnitrogen, jern og totalt organisk karbon.



**Figur 3.** Døgntransportobservasjoner for jern, totalnitrogen og total organisk karbon fra Høgedal deponi.

Av figuren ser en at transporten varierer betydelig avhengig av vannføringsforholdene, dvs. transporten er styrt av nedbør og klima. Siden konsentrasjonene synes å endre seg mindre enn vannføringen, kan en med en relativt enkel feltundersøkelse som denne likevel få et godt inntrykk av årstransporten ved å benytte middelverdier for de enkelte komponenter og multiplisere med årsavrenningen (tabell 1).

I tabell 2 har en samlet de viktigste momentane transportverdier for avrenningen fra Høgedal deponi. I tabellen er også beregnet antall pe for nitrogen og fosfor. I tabell 3 er beregnet årstransporten for perioden februar 2002-februar 2003. Transporten er beregnet vha middelverdi for de enkelte komponenter og årsavrenning for måleperioden.

**Tabell 2.** Momentane transportverdier for de viktigste komponenter i avrenningen fra Høgedal.

<b>Dato</b>	<b>Tot-N</b>	<b>Tot-P</b>	<b>Fe</b>	<b>TOC</b>	<b>Tot-N</b>	<b>Tot-P</b>
	<b>kg/døgn</b>	<b>g/døgn</b>	<b>kg/døgn</b>	<b>kg/døgn</b>	<b>pe/døgn</b>	<b>pe/døgn</b>
11.02.2002	6,79	87,0	17,7	12,4	566	35
19.04.2002	4,80	43,0	16,6	4,8	400	17
27.06.2002	2,88	25,7	6,8	2,7	240	10
29.08.2002	3,68	29,1	5,4	3,0	307	12
28.10.2002	10,06	138,6	21,3	21,1	839	55
15.01.2003	2,41	58,4	9,2	9,1	201	23
17.02.2003	2,08	25,8	6,4	2,3	174	10

**Tabell 3.** Årstransport for de viktigste komponenter i avrenningen fra Høgedal deponi.

<b>Totalnitrogen, tot-N</b>	1,8	tonn
<b>Ammonium, NH<sub>4</sub>-N</b>	1,5	tonn
<b>Totalfosfor, tot-P</b>	19,8	kg
<b>Totalt organisk karbon, TOC</b>	2,3	tonn
<b>Jern, Fe</b>	4,6	tonn
<b>Sink, Zn</b>	23,5	kg
<b>Kvikksølv, Hg</b>	1,4	g

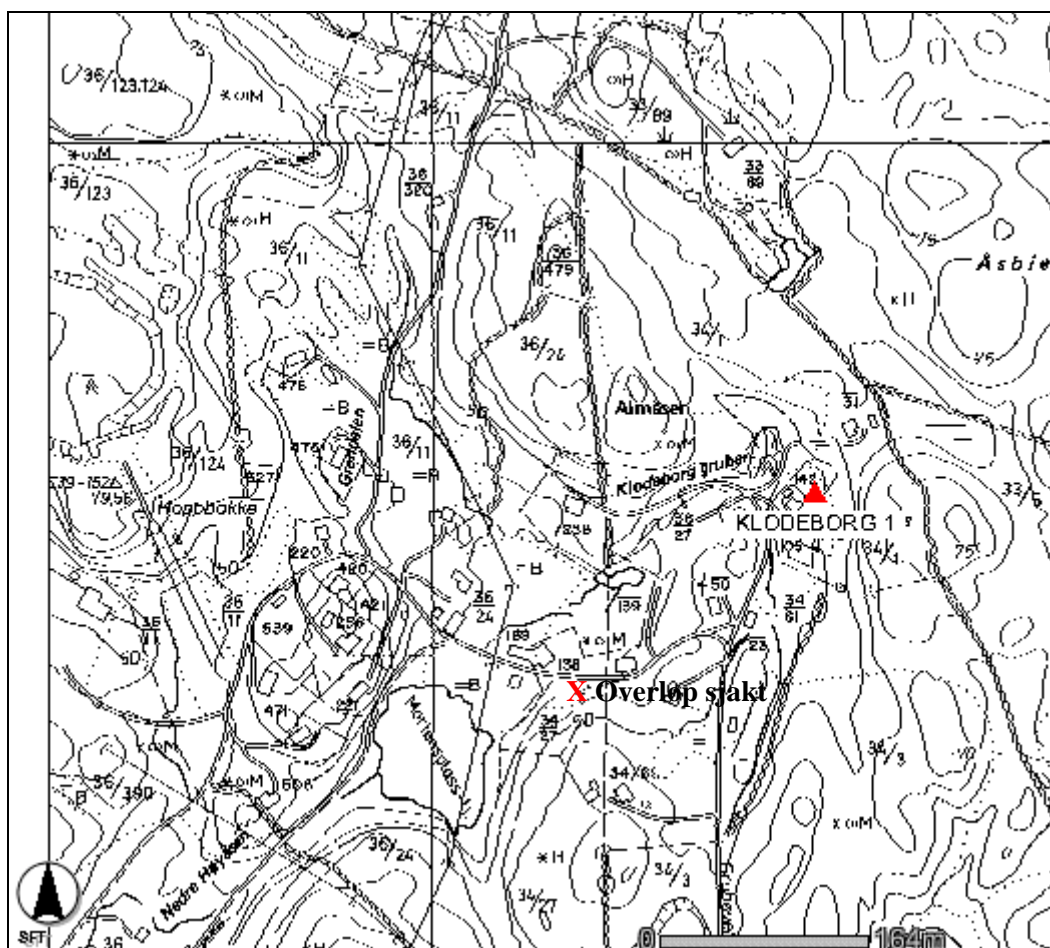
Den øvrige metalltransporten er svært beskjeden. Jerntransporten setter et synlig preg på Biebekken etter innblanding av drens vannet. Publikum kan derfor oppfatte bekken som forurenset.

#### 2.1.4 PCB i strømmende vann

Resultatene fra undersøkelsene med passiv prøvetaker med semipermeabel membran er samlet i vedlegg D. Som det fremgår av tabellen hadde prøvetakeren samlet opp 35 ng PCB, derav 34,67 ng PCB7 i løpet av den tiden den sto ute (19.04.02 – 15.05.02). I denne perioden ble samlet avrenning målt til 28687 m<sup>3</sup>. Oppsamlingen av PCB har derved vært 0,00122 ng/m<sup>3</sup> vann. Foreløpig har en intet tilfredsstillende erfaringsgrunnlag for å kunne beregne hvor stor transporten er. Teknikken har hittil hovedsakelig vært benyttet til kvalitativ kartlegging av kilder. Resultatene for Høgedal tyder imidlertid på at PCB-transporten fra deponiet er tydelig, men liten. Resultatene for Høgedal deponi er forøvrig i samsvar med tilsvarende undersøkelser som NIVA har gjennomført ved andre deponier av denne type. En mulig framgangsmåte for å kartlegge PCB-transporten nærmere kan være å forsøke å ta ut et større prøvevolum av avrenningen, f.eks 10 liter. Dersom analyse av dette volumet gir utslag på PCB-analysen, vil det være mulig å gi et bedre anslag over PCB-lekkasjen fra deponiet.

## 2.2 Klodeborg deponi

Klodeborg deponi er en gammel jernmalmgruve der det har pågått ulovlig deponering av blandet avfall fra publikum. Forsidebildet på rapporten viser overflaten på dagåpningen. I SFTs database er det markert to områder med forurenset grunn, Klodeborg 1 og Klodeborg 2. Den første er deponiet i gruva, mens den andre er området utenfor dagåpningen og deponiet der det ble foretatt oppredning/opplastning av malm og der det senere har pågått andre aktiviteter. Gruva er en underjordsgruve som har flere åpninger til dagen. Så vidt vi kunne se har den vannfylte gruva overløp kun gjennom en sjakt som er lokalisert like ved Grubeveien nær Mortensplass-tjernet. Overløpsvannet er ført inn på et drenerørssystem som fører til Mortensplass-tjernet. Til dette tjernet fører også en annen bekk fra nord fra Stoa-området. I den foreliggende undersøkelsen er det foretatt undersøkelser av overløpsvannet gjennom sjakten, av sedimentprøver i Mortensplass-tjernet og i en tilløpsbekk fra nord til tjernet. Figur 4 viser et kartutsnitt over deponiområdet.



**Figur 4.** Kartutsnitt som viser området ved Klodeborg deponi med markering av prøvetakssted for dreneringsvann fra deponiet.

### 2.2.1 Vannføringsmålinger

Det var ikke mulig å få til noen kontinuerlige vannføringsmålinger ved overløpet av sjakten på noen enkel måte. Vannføringen ble derfor kun målt manuelt ved hver prøvetaking vha. en metode der en doserer en kjent mengde salt til vannet og registrerer konduktivitetsforløpet slik at vannføringen kan

beregnes vha. måledatene. Det ble benyttet et feltinstrument som beregnet vannføringen automatisk etter dosering av salt.

## 2.2.2 Analyseresultater

Analyseresultatene fra prøvetakingene er samlet i tabell 10 og tabell 11 i vedlegg A. Resultatene for overløpsvannet (tabell 10) viser at vannkvaliteten er svakt alkalisk og forholdsvis stabil hele året igjennom mht. alle parametre. En ser at nitrogeninnholdet er betydelig lavere enn ved Høgedal, noe som har sammenheng med at avfallsmengdene også er mindre. Ammoniuminnholdet er relativt lavere enn for Høgedal sett i forhold til innhold av totalnitrogen. Innholdet organisk stoff som totalt organisk karbon er også lavt. Tungmetallanalysene viser at jern er viktigste tungmetall. Konsentrasjonene er lavere enn for Høgedal. Jernet er sannsynligvis toverdig ved overløpet av sjakten og oksiderer raskt til treverdig i bekken. En ser derfor utfellinger av jernoksid i bekkleiet. De øvrige metallkonsentrasjonene er lave. Det kan påvises noe sink som ved Høgedal. Dette er naturlig da sink brukes til overflatebehandling av gjenstander av jern som det tydeligvis finnes mye av i avfallet i deponiet.

Det ble tatt en stikkprøve av bekken fra nord som kommer fra Stoa-området og som løper inn i tjernet. Resultatene i tabell 11 tyder ikke på at bekken er merkbart påvirket av avrenning fra eventuelle deponier.

## 2.2.3 Transportverdier

Ved hjelp av analyseresultat og vannføringsobservasjon kan øyeblikkstransporten beregnes. I overløpsvannet fra Klodeborg gruve ble det observert relativt beskjedne spredninger i analyse materialet. Dersom en hadde hatt kontinuerlige vannføringsobservasjoner, ville en kunne beregnet forholdsvis pålitelige verdier for forurensningstransporten fra gruva. I denne undersøkelsen vil vi anslå årstransporten for noen viktige parametre ved å benytte beregnede middelverdier for analysekomponent og vannføring (2 l/s). Selv om beregningen er usikker, vil tallene likevel si noe om hvilke størrelser det dreier seg om.

**Tabell 4.** Anslått årstransport av noen komponenter i undersøkelsesperioden 2002-2003.

Tot-P	Tot-N	NH <sub>4</sub> -N	TOC	Fe	Hg	Zn
kg/år	kg/år	kg/år	kg/år	kg/år	g/år	kg/år
1,0	11,2	3,3	198	111	0,22	2,1

Anslaget viser at transporten fra deponiet er svært beskjeden.

## 2.2.4 PCB i strømmende vann

Som for Høgedal ble det også her plassert en passiv prøvetaker (SPMD) for PCB i utløpssjakten fra deponiet. Prøvetakeren sto ute en måned i perioden 19.04.02 – 15.05.02. Det ble målt vannføring ved utsetting og inntaking av prøvetaker. Resultatene i tabell 14 i vedlegg D viser at det ble samlet opp mer PCB enn ved Høgedal. Vannmengdene var imidlertid betydelig lavere. Dersom en antar en middelvannføring å 1 l/s i måleperioden tilsvarer dette en vannmengde på 2600 m<sup>3</sup>. I den perioden prøvetakeren var utplassert ble det samlet opp en PCB-mengde på 67 ng. Sett i forhold til vannmengden som passerte prøvetakingspunktet tilsvarer dette 0,026 ng PCB/m<sup>3</sup> vann eller ca. 20 ganger høyere enn ved Høgedal. Som for Høgedal har en ikke erfaringsgrunnlag for å kunne beregne trasnporten. Mye tyder likevel på at deponiet ved Klodeborg avgir mer PCB enn Høgedal. Dette er overraskende idet avfallsmengdene i Høgedal deponi er betydelig større. Vi er imidlertid ikke kjent med om det kan ha vært satt igjen installasjoner som inneholder PCB i gruva etter at gruve driftten opphørte. Til tross for at PCB-transporten fra deponiet er merkbart høyere enn ved Høgedal, vurderes den likevel som beskjeden.



### 2.2.5 Analyse av sedimenter

Under befaringen til området den 28.10.2002 ble det tatt nye sedimentprøver i Mortensplass-tjern. Det ble tatt prøver ved tre lokaliteter: utenfor innløpsbekken, ved utløpet og i bukt ved badeplass. Prøvetakingsstedene er markert på kartet over området. Prøvene ble snittet opp i segmenter á 2 cm. Det ble foretatt analyse av PCB og PAH i det øverste segmentet (0-2 cm). Resultatene er samlet i vedlegg B.

Resultatene bekrefter resultatene som ble påvist i foregående undersøkelse. Konsentrasjonene som er påvist i sedimentprøvene viser at tjernet er markert påvirket ved at PCB- og PAH-konsentrasjonene er forhøyet i forhold til de verdier en finner i upåvirkede områder. Nivåene er likevel ikke ekstremt høye når en sammenligner med sedimenter i andre innsjøer langs Sørlandskysten (Rognerud *et al*, 1997). PCB-profilen i sedimentprøvene er forholdsvis lik den som ble funnet i den passive prøvetakeren i sjakten. Mye tyder derfor på at kilden til PCB-kontamineringen av sedimentene i innsjøen skyldes tilførsler fra den vannfylte gruva.

De tre sedimentprøvene (0-2 cm) ble også analysert mht. innhold av kvikksølv. Analysen ga som resultat :

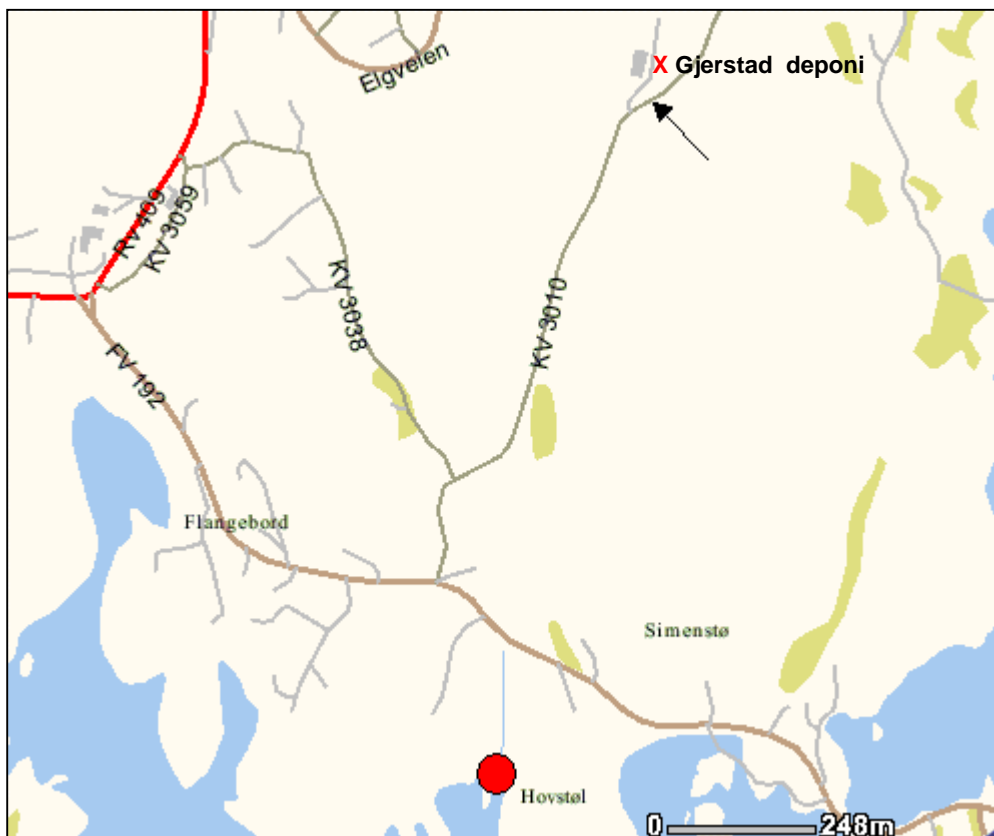
Lokalitet	Kvikksølv mg Hg/kg t.v.
Tilløpsbekk fra nord	0,12
I tjernet utenfor innløpsbekk	0,33
Ved utløpet	0,40
I bukt ved badeplass	0,31

Kvikksølvnivåene i tjernet er en del lavere enn i den prøven som ble tatt i foregående undersøkelse. Sammenlignet med nivået i tilløpsbekken tyder resultatene på at tjernet mottar beskjedne tilførsler av kvikksølv som trolig kommer fra deponiområdet. Prøven som ble tatt i sjakten viser at den relative variasjonen i kvikksølvkonsentrasjonene var større enn for de andre tungmetallene. Nivåene var imidlertid lave og i ng/l-området.

## 2.3 Gjerstad deponi

Gjerstad deponi ligger på Tromøya. Idag er Skilsø Baatfabrikk lokalisert på området. Området ble sist undersøkt i 1999-2000. Avrenningen fra området ble fulgt opp med et prøvetakingsprogram med prøvetaking hver annen måned i perioden februar 2002-februar 2003. Ved hver prøvetaking ble vannføringen målt vha. en trekantet overløpsprofil i bekken nedenfor deponiet.

Avrenningen fra det overdekkede deponiet går under veien og fører mot et bekkefar ned mot sjøen ved Hovstøl. Det ble foretatt en befaring langs bekkefaret den 22.04.02 for å bekrefte hvor bekken munnet ut i sjøen. Under befaringen ble det tatt sedimentprøver i sjøen utenfor bekkemunningen.



**Figur 5.** Kartutsnitt som viser lokalisering til Gjerstad deponi. Pilen markerer hvor bekken fra området starter og det røde punktet hvor den munner ut i sjøen.

### 2.3.1 Analyseresultater

Analyseresultatene er samlet i tabell 12 i vedlegg A. Viktigste komponenter i sigevannet fra området er nitrogen og jern. I perioder foreligger nitrogeninnholdet i det vesentlige som ammonium. Jerninnholdet setter et lett synlig preg på bekken fra området. Som for de andre lokalitetene inneholder avrenningen også noe sink. De øvrige tungmetallkonsentrasjonene er lave. Innholdet av organisk stoff som totalt organisk karbon er også lavt. Jernkonsentrasjonene kan variere svært mye med vannføring og årstid. De høyeste konsentrasjonene finner en ved lave vannføringer om sommeren.

### 2.3.2 Transportverdier

Ved hjelp av analyseverdi og vannføringsverdi kan øyeblikkstransporten beregnes for de enkelte parametre. I denne undersøkelsen har vi anslått en årstransport ved å benytte middelerverdier for de enkelte parametre og multiplisere med middelvannføringen for observasjonsperioden. I tabell 5 er samlet beregnede transportverdier for noen av de viktigste komponentene. Anslaget er usikkert, men gir likevel et godt inntrykk av hvilken størrelsesorden det dreier seg om.

**Tabell 5.** Anslått årstransport fra Gjerstad deponi.

<b>Tot-P</b>	<b>Tot-N</b>	<b>NH<sub>4</sub>-N</b>	<b>TOC</b>	<b>Fe</b>	<b>Hg</b>	<b>Zn</b>
<b>kg/år</b>	<b>kg/år</b>	<b>kg/år</b>	<b>kg/år</b>	<b>kg/år</b>	<b>g/år</b>	<b>kg/år</b>
3,2	202	97	1670	1480	0,29	8,3

Beregningene viser at forurensningstransporten fra deponiet er svært beskjeden. Jernavrenningen setter imidlertid et synlig preg på bekken helt ned til sjøen.

### 2.3.3 Analyse av sedimentprøver i sjøen

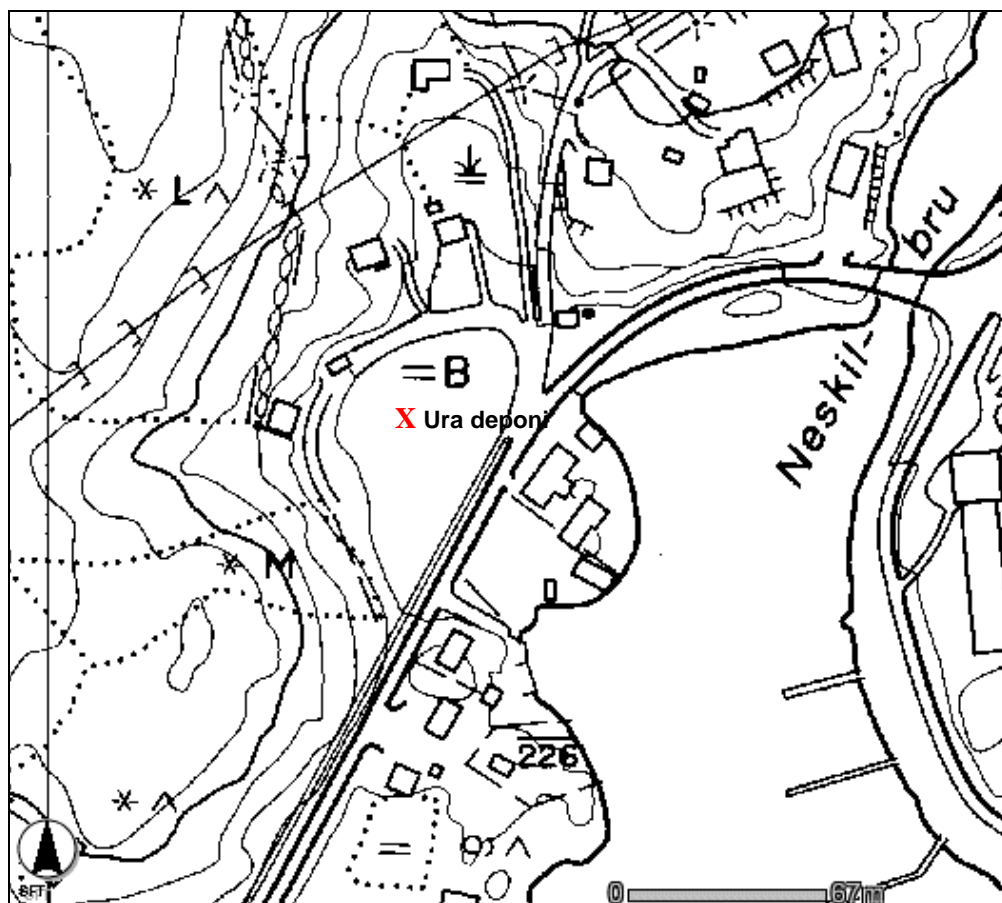
Det ble tatt 3 sedimentprøver i Sandumkilen ved Hovstøl rett utenfor munningen av bekken fra deponiområdet. Tre delprøver av overflatesedimentet (0-2 cm) ble slått sammen til en prøve før analyse. Sedimentet var brunt på overflaten (av jerntilførslene). Sedimentprøven ble analysert mht. klorerte forbindelser og PCB. Resultatene fra analysen er samlet i vedlegg C.

Resultatene viser at det ikke kan påvises noen PCB-transport fra deponiet i sedimentene utenfor bekkemunningen.

## 2.4 Ura deponi

Ura deponi er lokalisert i Eydehavn innerst i Neskilen. Deponering ble avsluttet i 1964. Deponiet er overdekket og tilsådd. Lokaliseringen er markert på figur 6 som viser et kartutsnitt over området.

Deponiet ble undersøkt i 1999-2000 (Mohn *et al*, 2000). Det var den gang ikke mulig å ta prøve av drensvann eller vann som sto i kontakt med deponimassene. Før undersøkelsene i 2002 ble det satt ned en grunnvannsbrønn i deponiet. Vannet i brønnen ble prøvetatt ved to anledninger.



**Figur 6.** Kartutsnitt med lokalisering av Ura deponi med grunnvannsbrønn (x).

### 2.4.1 Analyseresultater

Resultatene fra prøvetakingene den 19.04 og 28.10.02 er samlet i tabell 13 i vedlegg A. Resultatene viser tydelig at det fortsatt pågår nedbrytning av avfallet i deponiet. Hovedkomponentene i vannet er som for de andre deponiene jern, nitrogen og noe sink. Nitrogeninnholdet foreligger som ammonium. Prøvene ble tatt etter at innholdet i brønnen ble tømt et par ganger før prøvetaking. Vannet var da fargeløst, noe som viser at jernet foreligger i toverdig form. Det var ikke synlig noe sigevann i grøftene rundt deponiet. Avrenningen fra området fører mest sannsynlig mot et rør som løper inn i strandsonen nedenfor veien forbi deponiet.

Siden nedbørfeltet til deponiet er lite, antas det at forurensningstransporten fra deponiet også er beskjedent.

### **2.4.2 Analyse av sedimentprøver**

Den 23.04.02 ble det tatt 4 sedimentprøver ca. 2 m utenfor munningen av røret fra deponiet. De 4 delprøvene av overflatesedimentet (0-2 cm) ble slått sammen før analyse. Prøvene ble analysert mht. klorerte forbindelser og PCB som anbefalt i foregående undersøkelse. Resultatene er samlet i vedlegg C. Resultatene tyder ikke på noen PCB-tilførsler av betydning fra deponiet.

### 3. Samlet vurdering

Det er foretatt en supplerende feltundersøkelse ved 4 av de deponiene som ble undersøkt i 1999-2000. Hensikten har vært å få en bedre oversikt over vannkvalitet i sigevann og forurensningstransport fra deponiene, samt å avklare forhold som ble påpekt i foregående undersøkelse.

Høgedal deponi er det største av deponiene. Det er mulig å prøveta samlet drensvann fra deponiet ved en kulvert som går under jernbanelinjen. Undersøkelsene viser at vannføringen på dette punktet varierer svært mye avhengig av nedbør og klima. Forurensningstransporten fra deponiet er styrt av nedbør og klima. I prøvetakingsperioder ble det tatt prøver under forskjellige vannføringsforhold. Selv om en ikke oppnådde å ta prøver ved vannføringsmaksimum, antar vi at programmet likevel gir et godt inntrykk av forurensningstransporten fra deponet som er beregnet ved å multiplisere midlere konsentrasjon for den enkelte komponent med samlet avrenning basert på målte døgnmiddel vannføringer. Jern og totalnitrogen som ammonium er viktigste komponenter i avrenningen. Den øvrige tungmetalltransporten fra deponiet inkludert kvikksølv er liten. Det kan spores en beskjeden PCB-transport fra deponiet. Det bør undersøkes om PCB-transporten er så stor at den gir utslag ved analyse av et større prøvevolum av sigevann. Det vil derved være lettere å gi et anslag over transporten. Avrenningen er ført inn på kommunalt nett. Ved store vannføringer er det overløp til Biebekken. En kan spore forhøyede verdier av hovedkomponentene og metallkonsentrasjoner i bekken etter tilførsler av overløpsvannet. Selv om forurensningstransporten vurderes som beskjeden, setter jernkonsentrasjonene et synlig preg på bekken. Dersom dette vurderes som problematisk i forhold til publikum, som bruker området til rekreasjon og fritidsaktiviteter, kan et mulig tiltak være å luften sigevannet slik at jernet oksiderer og felles ut f.eks i en anlagt sedimenteringsdam. Et alternativ kan være å føre mer vann inn på nettet dersom det er mulig.

Deponiet ved Klodeborg er et ulovlig deponi der det er deponert blandet avfall fra publikum i dagåpningen til den nedlagte jernmalmgruva. I SFTs database er det også avmerket at grunnen kan være forurensset i gruveområdet utenfor dagåpningen. I denne undersøkelsen har en ikke vurdert grunnforurensningen nærmere enn ved å ta sedimentprøver i tjernet som mottar avrenning fra området. Avrenningen fra deponiet i gruva er prøvetatt der den kommer ut av en sjakt. Vannføringen er målt manuelt ved hver prøvetaking. Resultatene viser at forurensningstransporten fra deponiet er vesentlig mindre enn for Høgedal. Dette er også normalt ettersom avfallsmengdene i deponiet også er betydelig mindre. Analyse av organiske mikroforurensninger som PAH og PCB i sedimentene i et lite tjern ved deponiområdet viser at tjernet tilføres noe PAH og PCB fra deponiområdet. Dette bekreftes ved analyse av innholdet av passiv prøvetaker som var plassert i overløpsjakten i en periode på en måned. PCB-transporten fra gruva er liten, men tydelig og vesentlig større enn fra Høgedal deponi. Det er ikke mulig å klarlegge om årsaken til forholdet har med tilførsler fra det deponerte avfall å gjøre eller med gjensatte installasjoner fra gruvedriften (transformatorer, lysarmaturer, hydraulikkolje, oljefylte kon-takter etc.). Selv om forurensningstransporten fra området ikke er så stor at det er behov for forensningsbegrensende tiltak, anbefaler vi likevel å ha tilsyn med PCB-transporten fra deponiområdet ved en fornyet prøvetaking etter noen tid (år). Det bør da forsøkes analysert på PCB direkte i avløpet fra deponiet ved å ta ut en større prøvemengde, f.eks 10 liter. Et annet forhold, som ligger utenfor vurderingene i denne undersøkelsen, er at gruveområdet er en del av Arendal kommunes industri-historie. Selv om mye utstyr fra gruvetiden er fjernet fra området, kan det knytte seg kulturminne-interesser til det gjenværende. En ser på gruveåpningen som det er deponert avfall i, at den er meget gammel og åpnet ved fyrsetting. Det bør av den grunn vurderes å fjerne noe av avfallet som ligger i overflaten da det også representerer et estetisk forurensningsproblem. Etter f.eks. å ha informert publikum ved skilting vil dette kanskje bidra til å forhindre ny dumping av avfall.

Avrenningen fra Gjerstad deponi er meget beskjeden. Avrenningen inneholder en del jern som gjør den godt synlig. Analyse av sedimentprøver tatt i bukta der bekken fra området munner ut tyder ikke på noen problemer med organiske miljøgifter som PCB. Dersom en ser det som ønskelig, bør en av estetiske årsaker vurdere å forbedre bekkefareet slik at avrenningen ikke sprer seg så mye i terrenget. Det vil ikke være behov for ytterligere tiltak i området.

Ura deponi er overdekket og tilsådd og er ikke synlig for publikum idag. Prøver av vann som står i kontakt med avfallet viser at det fortsatt pågår omsetninger i avfallet. Det kunne ikke påvises noen effekter i sedimentene i sjøen utenfor deponiet. Det vil således ikke være behov for tiltak i området.

## 4. Referanser

Mohn, H., Iversen, E.R. og Kaste, Ø., 2000. Nedlagte kommunale avfallsfyllinger i Aust-Agder: Vurdering av miljøpåvirkning og eventuelle behov for tiltak. NIVA-rapport, O-99219, L.nr. 4312-2000. 50 s.

Rognerud, S., Fjeld, E. og Løvik, J.E., 1997. Regionale undersøkelser av miljøgifter i innsjøsedimenter. Delrapport 1, Organiske mikroforurensninger. NIVA-rapport. L.nr. 3699-1997.

Iversen, E.R., 2003. Avrenning fra Kongsberg Sølvverk. NIVA-rapport. L.nr. 4660-2003. O-21704. 38 s.



## **Vedlegg A. Analyseresultater**

**Tabell 6.** Analyseresultater. Utløp kulvert fra Høgedal deponi nedenfor jernbanelinjen.

Dato	pH	Kond mS/m	Tot-P µg/l	Tot-N µg/l	NH <sub>4</sub> -N µg/l	TOC mg/l	As µg/l	B µg/l	Cd µg/l	Cr µg/l	Cu µg/l	Fe µg/l	Hg ng/l	Mn µg/l	Ni µg/l	Pb µg/l	Zn µg/l	Vannf l/s
11.02.2002	7,05	20,9	31	2420	1690	4,4	0,3	20	0,147	1,0	4,7	6300	5,4	139	1,5	3,760	57,0	32,49
19.04.2002	7,19	36,5	47	5250	4600	5,2	0,7	56	0,077	1,6	2,2	18100	5,0	302	1,3	0,350	44,0	10,59
27.06.2002	6,63	36,2	51	5710	5205	5,4	0,6	85	0,150	1,3	2,3	13500	3,0	309	1,3	0,382	55,9	5,84
29.08.2002	6,50	47,1	68	8600	7700	7,1	0,8	121	0,064	7,4	1,4	12700	1,0	353	1,5	0,368	24,2	4,95
28.10.2002	6,95	20,0	42	3050	2040	6,4	0,9	38,5	0,246	0,7	4,5	6460	3,5	131	1,7	0,926	88,2	38,19
15.01.2003	6,83	32,2	38	1570	930	5,9	0,3	13	0,190	<0,1	5,0	6010	<1	147	1,0	3,210	62,5	17,78
17.02.2003	7,13	31,9	50	4030	3550	4,4	0,4	42	0,160	1,1	2,5	12300	2,0	216	1,2	0,386	58,5	5,98
Gj.snitt	6,90	32,1	47	4376	3674	5,5	0,6	54	0,148	2,2	3,2	10767	3,3	228	1,4	1,340	55,8	16,55
Maks.verdi	7,19	47,1	68	8600	7700	7,1	0,9	121	0,246	7,4	5,0	18100	5,4	353	1,7	3,760	88,2	38,19
Min.verdi	6,50	20,0	31	1570	930	4,4	0,3	13	0,064	0,7	1,4	6010	1,0	131	1,0	0,350	24,2	4,95

**Tabell 7.** Bekk fra Høgedal deponi (tilløp til Biebekken)

Dato	pH	Kond mS/m	Tot-P µg/l	Tot-N µg/l	NH <sub>4</sub> -N µg/l	TOC mg/l	As µg/l	B µg/l	Cd µg/l	Cr µg/l	Cu µg/l	Fe µg/l	Hg ng/l	Mn µg/l	Ni µg/l	Pb µg/l	Zn µg/l	Vannf l/s
11.02.2002	7,27	15,3	61	1750	710	5,3	0,60	30	0,104	1,2	6,70	2890	6,0	91,7	1,7	7,11	48	44,5
27.06.2002	6,76	15,8	37	980	386	5,6	0,54	42	0,120	0,8	4,78	2400	5,5	160	1,9	0,72	57,2	<1
29.08.2002	6,64	22,5	144	2190	1500	11,4	1,50	71,2	0,360	4,2	7,97	32500	<1	826	3,6	2,09	101	<1
28.10.2001	7,10	17,4	35	2410	1140	6,8	0,66	32,6	0,203	0,5	4,85	3280	<1	85	1,4	0,75	66,9	101,6
15.01.2003	7,08	24,0	135	1760	382	7,4	0,79	14	0,150	1,9	9,60	7970	5,5	90,7	1,7	3,75	76,2	118,1
17.02.2003	7,16	16,4	59	1540	450	4,6	0,33	9,4	0,594	0,6	27,30	2000	5,0	11,9	0,96	1,18	44,8	79,2
Gj.snitt	7,00	18,6	79	1772	761	6,9	0,74	33,2	0,255	1,5	10,20	8507	3,8	210,9	1,88	2,60	65,7	57,0
Maks.verdi	7,27	24,0	144	2410	1500	11,4	1,50	71,2	0,594	4,2	27,30	32500	6,0	826,0	3,60	7,11	101,0	118,1
Min.verdi	6,64	15,3	35	980	382	4,6	0,33	9,4	0,104	0,5	4,78	2000	<1	11,9	0,96	0,72	44,8	<1

**Tabell 8.** Biebekken før tilløp fra Høgedal deponi

Dato	pH	Kond	Tot-P	Tot-N	NH <sub>4</sub> -N	TOC	As	B	Cd	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Ni	Pb	Zn	Vannf
		mS/m	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	ng/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	l/s
11.02.2002	7,35	12,9	29	875	27	4,8	0,10	<10	0,036	0,5	2,20	320	2,0	49,3	0,90	0,37	12,0	253
19.04.2002	7,56	14,7	15	655	9	4,7	0,21	10	<0,003	0,5	1,87	213	<1	21,3	0,81	0,19	4,5	20,0
27.06.2002	7,32	13,6	20	545	25	6,4	0,22	12	0,021	<0,1	2,36	199	<1	28,4	0,80	0,35	5,0	43,1
29.08.2002	7,51	14,8	14	500	23	7,0	0,40	21	0,010	0,5	1,82	530	2,0	112,0	0,87	0,39	2,5	22,3
28.10.2002	7,32	12,1	31	1020	67	7,0	0,24	13	0,032	0,3	2,33	376	4,5	58,9	0,70	0,40	10,3	179
15.01.2003	7,39	20,6	22	915	47	5,2	0,06	3,5	0,041	<0,1	2,71	321	2,5	71,3	0,71	0,34	13,3	169
17.02.2003	7,34	15,5	14	885	50	4,8	0,20	7,6	0,034	<0,1	1,94	200	1,0	30,2	0,69	0,21	9,5	94,6
Gj.snitt	7,40	14,9	21	771	35	5,7	0,20	11,18	0,029	0,5	2,18	308	2,4	53,1	0,78	0,32	8,2	112
Maks.verdi	7,56	20,6	31	1020	67	7,0	0,40	21,00	0,041	0,5	2,71	530	4,5	112,0	0,90	0,40	13,3	253
Min.verdi	7,32	12,1	14	500	9	4,7	0,06	3,50	0,010	0,3	1,82	199	1,0	21,3	0,69	0,19	2,5	20,0

**Tabell 9.** Biebekken etter tilløp fra Høgedal deponi.

Dato	pH	Kond	Tot-P	Tot-N	NH <sub>4</sub> -N	TOC	As	B	Cd	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Ni	Pb	Zn	Vannf
		mS/m	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	ng/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	l/s
11.02.2002	7,37	13,1	22	985	98	4,1	0,20	<10	0,046	0,7	2,70	630	3,0	53,6	0,90	1,12	16,0	308
19.04.2002	7,55	14,9	14	635	10	4,6	0,19	10	<0,003	0,5	1,97	229	<1	21,0	0,68	0,19	4,4	20,9
27.06.2002	7,35	13,7	20	560	23	6,4	0,30	12	0,028	<0,1	2,69	219	1,5	29,6	0,87	0,47	5,9	43,1
29.08.2002	7,47	14,8	14	475	24	6,8	0,44	21	0,010	0,5	1,70	496	4,5	103,0	0,93	0,36	2,5	22,3
28.10.2002	7,30	12,5	31	1150	130	6,9	0,26	14	0,044	0,3	2,52	599	5,0	63,3	0,82	0,49	14,4	287
15.01.2003	7,20	21,5	58	1180	146	5,9	0,43	7,2	0,077	<0,1	4,79	3010	6,0	74,9	1,10	2,04	33,2	215
17.02.2003	7,36	15,5	14	875	52	4,5	0,10	7,6	0,029	<0,1	1,89	210	2,0	30,6	0,68	0,20	9,5	174
Gj.snitt	7,37	15,1	25	837	69	5,6	0,27	12,0	0,039	0,5	2,61	770	3,7	53,7	0,85	0,70	12,3	153
Maks.verdi	7,55	21,5	58	1180	146	6,9	0,44	21,0	0,077	0,7	4,79	3010	6,0	103,0	1,10	2,04	33,2	308
Min.verdi	7,20	12,5	14	475	10	4,1	0,10	7,2	0,010	0,3	1,70	210	1,5	21,0	0,68	0,19	2,5	20,9

**Tabell 10.** Overløp sjakt fra Klodeborg deponi (jernmalmgruve)

Dato	pH	Kond mS/m	Tot-P µg/l	Tot-N µg/l	NH <sub>4</sub> -N µg/l	TOC mg/l	As µg/l	B µg/l	Cd µg/l	Cr µg/l	Cu µg/l	Fe µg/l	Hg ng/l	Mn µg/l	Ni µg/l	Pb µg/l	Zn µg/l	Vannf l/s
11.02.2002	7,80	16,2	19	210	39	4,3	0,50	230	0,066	0,2	1,50	2440	4,5	327	0,20	0,69	45,0	2,24
19.04.2002	7,88	15,8	19	245	58	4,2	0,43	254	0,017	0,4	0,97	2500	1,5	360	<0,04	0,40	36,4	0,5
15.05.2002																		1,38
27.06.2002	7,46	15,8	22	235	83	4,2	0,44	318	0,049	1,1	0,84	2100	2,5	373	0,05	0,50	35,6	1,66
29.08.2002	7,29	16,1	20	265	97	4,1	0,40	337	0,050	0,4	0,95	2330	8,0	345	0,20	0,58	47,7	0,88
28.10.2002	7,48	14,6	26	250	84	4,7	0,53	295	0,089	0,2	2,16	2540	11,0	317	<0,05	1,06	60,3	4,96
15.01.2003	7,58	15,2	29	270	78	4,7	0,46	299	0,094	0,4	1,44	2750	1,0	337	<0,05	0,71	59,1	2,5
17.02.2003	7,65	14,5	20	230	70	4,0	0,38	268	0,054	0,3	1,09	2250	<1	295	<0,05	0,40	38,0	1,78
Gj.snitt	7,59	15,5	22	244	73	4,3	0,45	286	0,060	0,4	1,28	2416	4,8	336	0,15	0,62	46,0	1,99
Maks.verdi	7,88	16,2	29	270	97	4,7	0,53	337	0,094	1,1	2,16	2750	11,0	373	0,20	1,06	60,3	4,96
Min.verdi	7,29	14,5	19	210	39	4,0	0,38	230	0,017	0,2	0,84	2100	1,0	295	0,05	0,40	35,6	0,88

**Tabell 11.** Tillpsbekk til tjern fra Stoa-området.

Dato	pH	Kond mS/m	Tot-P µg/l	Tot-N µg/l	NH <sub>4</sub> -N µg/l	TOC mg/l	As µg/l	B µg/l	Cd µg/l	Cr µg/l	Cu µg/l	Fe µg/l	Hg ng/l	Mn µg/l	Ni µg/l	Pb µg/l	Zn µg/l
28.10.2002	6,85	14,5	12	1720	299	5,9	0,1	18	0,024	0,46	1,99	575	3	540	0,29	0,11	5,22

**Tabell 12.** Bekk fra Gjerstad deponi.

Dato	pH	Kond mS/m	Tot-P µg/l	Tot-N µg/l	NH <sub>4</sub> -N µg/l	TOC mg/l	As µg/l	B µg/l	Cd µg/l	Cr µg/l	Cu µg/l	Fe µg/l	Hg ng/l	Mn µg/l	Ni µg/l	Pb µg/l	Zn µg/l	Vannf l/s
11.02.2002	7,11	7,41	7	680	31	7,3	0,25	9	0,038	0,4	2,01	600	2,0	19	0,65	0,300	17,0	14,2
19.04.2002	7,42	14,1	12	695	504	5,3	0,26	42	0,026	0,6	1,80	8840	2,5	221	1,75	0,270	34,5	<1
27.06.2002	6,84	20,3	30	1090	863	6,8	0,46	107	0,190	1,8	7,49	20400	1,0	433	3,45	1,040	85,5	2,0
29.08.2002	6,63	26,0	20	1610	1360	8,3	0,10	136	0,010	4,1	0,61	10900	1,0	523	2,36	0,097	9,7	0,2
28.10.2002	7,06	9,3	7	630	61	9,6	0,33	30,9	0,073	0,3	2,55	1020	<1	33,6	1,1	0,425	56,4	9,1
15.01.2003	6,88	8,43	11	1040	60	8,6	0,27	4	0,068	0,5	2,16	1170	<1	54,3	0,64	0,550	21,6	22,1
17.02.2003	7,24	10,6	12	580	140	6,3	0,21	26	0,078	0,4	1,67	3350	1,5	80,3	0,8	0,18	33,5	1,6
Gj.snitt	7,03	13,7	14	904	431	7,5	0,3	51	0,069	1,2	2,6	6611	1,3	195	1,5	0,409	36,9	7,1
Maks.verdi	7,42	26,0	30	1610	1360	9,6	0,5	136	0,190	4,1	7,5	20400	2,5	523	3,5	1,040	85,5	22,1
Min.verdi	6,63	7,4	7	580	31	5,3	0,1	4	0,010	0,3	0,6	600	<1	19	0,6	0,097	9,7	0,2

**Tabell 13.** Analyseresultater. Prøver fra grunnvannsbrønn i Ura deponi.

Dato	pH	Kond mS/m	Tot-P µg/l	Tot-N µg/l	NH <sub>4</sub> -N µg/l	TOC mg/l	As µg/l	B µg/l	Cd µg/l	Cr µg/l	Cu µg/l	Fe µg/l	Hg ng/l	Mn µg/l	Ni µg/l	Pb µg/l	Zn µg/l
19.04.2002	7,39	47,3	166	3770	3100	18,9	3,9	22,0	0,088	3,0	5,33	18600	4,5	3220	2,3	4,9	24,8
28.10.2002	6,17	27,2	48	7200	7500	13,8	1,9	42,4	0,200	2,5	5,34	53000	<10	522	<4	5,0	50,9

## **Vedlegg B. Resultater fra analyse av PAH og PCB i sedimentprøver tatt i Mortensplass-tjern ved Klodeborg deponi (jernmalmgruve)**

Norsk  
Institutt  
for  
Vannforskning

Postboks 173 Kjelsås  
0411 Oslo  
Tel: 22 18 51 00  
Fax: 22 18 52 00

# ANALYSE RAPPORT



Navn **Arendal kommune. Kommunalteknikk**  
Adresse **Postboks 10. 4801 Arendal**

Deres referanse:  
Rolf Hamre

Vår referanse:  
Rekv.nr. 2002-2656  
O.nr. O 22100

Dato  
2003-12-05

Prøvenr	Prøve merket	Prøvetakings- dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
1	Innløp	2002.11.08	2002.11.12	2002.11.28-2003.01.03
2	Utløp	2002.11.08	2002.11.12	2002.11.28-2003.01.09
3	Bukt	2002.11.08	2002.11.12	2002.11.28-2003.01.09

Analysevariabel	Enhet	Prøvenr Metode	1	2	3
Naftalen i sediment	µg/kg t.v. H	2-3	69	80	65
2-Metylnaftalen	µg/kg t.v. H	2-3	38	33	25
1-Metylnaftalen	µg/kg t.v. H	2-3	35	23	16
Bifenyl	µg/kg t.v. H	2-3	30	20	17
2,6-Dimetylnaftalen	µg/kg t.v. H	2-3	59	48	30
Acenaftylen	µg/kg t.v. H	2-3	32	11	8
Acenaften	µg/kg t.v. H	2-3	13	22	23
2,3,5-Trimetylnaf.	µg/kg t.v. H	2-3	18	38	27
Fluoren	µg/kg t.v. H	2-3	23	42	31
Fenantren	µg/kg t.v. H	2-3	127	132	92
Antracen	µg/kg t.v. H	2-3	15	27	17
1-Metylfenantren	µg/kg t.v. H	2-3	17	27	30
Fluoranten	µg/kg t.v. H	2-3	521	385	294
Pyren	µg/kg t.v. H	2-3	1208	406	252
Benz(a)antracen	µg/kg t.v. H	2-3	98	137	100
Chrysen+trifenyl	µg/kg t.v. H	2-3	195	302	250
Benzo(b+j,k)flu.	µg/kg t.v. H	2-3	509	884	725
Benzo(e)pyren	µg/kg t.v. H	2-3	262	392	327
Benzo(a)pyren	µg/kg t.v. H	2-3	190	262	186
Perylen	µg/kg t.v. H	2-3	480	183	462
Indeno(1,2,3cd)pyren	µg/kg t.v. H	2-3	199	335	257
Dibenz(a,c/a,h)ant.	µg/kg t.v. H	2-3	36	67	49
Benzo(ghi)perylene	µg/kg t.v. H	2-3	328	458	352
Sum PAH	µg/kg t.v. Beregnet*		4502	4314	3635
Sum KPAH	µg/kg t.v. Beregnet*		1032	1685	1317
Sum NPD	µg/kg t.v. Beregnet*		363	381	285

\* : Analysemetoden er ikke akkreditert.

Sum NPD er summen av naftalener, fenantrener og dibenzotiofener.

Sum KPAH er summen av Benz(a)antracen, Benzo(b+j,k)fluoranten, Benzo(a)pyren, Indeno(1,2,3-cd)pyren og Dibenz(a,c/a,h)antracen<sup>1</sup>. Disse har potensielt kreftfremkallende egenskaper overfor mennesker etter IARC (1987), dvs. tilhørende IARC's kategorier 2A + 2B (sannsynlige + trolige carcinogene).

<sup>1</sup> Bare a,h-isomeren har potensielt kreftfremkallende egenskaper

Norsk  
Institutt  
for  
Vannforskning

Postboks 173 Kjelsås  
0411 Oslo  
Tel: 22 18 51 00  
Fax: 22 18 52 00

# ANALYSE RAPPORT



**Navn** Arendal kommune. Kommunalteknikk  
**Adresse** Postboks 10  
4801 Arendal

**Deres referanse:**

Rolf Hamre

**Vår referanse:**

Rekv.nr. 2002-2656  
O.nr. O 22100

**Dato**

2003-12-05

Prøvene ble levert ved NIVAs laboratorium av oppdragsgiver, og merket slik som gjengitt i tabellen nedenfor. Prøvene ble analysert med følgende resultater:

Prøvenr	Prøve merket	Prøvetakings- dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
1	Innløp	2002.11.08	2002.11.12	2002.11.28-2003.01.03
2	Utløp	2002.11.08	2002.11.12	2002.11.28-2003.01.09
3	Bukt	2002.11.08	2002.11.12	2002.11.28-2003.01.09

Analysevariabel	Enhet	Prøvenr Metode	1	2	3
Polyklorertbifenyl	28 µg/kg	t.v. H 3-3	11	19	13
Polyklorertbifenyl	52 µg/kg	t.v. H 3-3	3,4	7,2	4,7
Polyklorertbifenyl	101 µg/kg	t.v. H 3-3	<0,80	1,6	<1,5
Polyklorertbifenyl	118 µg/kg	t.v. H 3-3	<0,80	1,5	<1,5
Polyklorertbifenyl	105 µg/kg	t.v. H 3-3	<0,80	<1,5	<1,5
Polyklorertbifenyl	153 µg/kg	t.v. H 3-3	<0,80	1,6	<1,5
Polyklorertbifenyl	138 µg/kg	t.v. H 3-3	<0,80	1,8	<1,5
Polyklorertbifenyl	156 µg/kg	t.v. H 3-3	<0,80	<1,5	<1,5
Polyklorertbifenyl	180 µg/kg	t.v. H 3-3	<0,80	<1,5	<1,5
Polyklorertbifenyl	209 µg/kg	t.v. H 3-3	<0,80	<1,5	<1,5
Sum PCB	µg/kg	t.v. Beregnet*	14,4	32,7	17,7
Seven Dutch	µg/kg	t.v. Beregnet*	14,4	32,7	17,7
Penta-klorbenzen	µg/kg	t.v. H 3-3	<0,50	<1,0	<1,0
Alfa-hexakl.cyclohex.	µg/kg	t.v. H 3-3	<0,80	<1,5	<1,5
Hexa-klorbenzen	µg/kg	t.v. H 3-3	0,80	<1,0	<1,0
Gamma-hexakl.cyclohex	µg/kg	t.v. H 3-3	<0,80	<1,5	<1,5
Oktaklorstyren	µg/kg	t.v. H 3-3	<0,80	<1,0	<1,5
4,4-DDE	µg/kg	t.v. H 3-3	0,92	1,9	<1,5
4,4-DDD	µg/kg	t.v. H 3-3	<1,4	3,3	<2,0

\* : Analysemetoden er ikke akkreditert.

Sum PCB er summen av polyklorerte bifenylsomer som inngår i denne rapporten.  
Seven dutch er summen av polyklorerte bifenylsomer 28,52,101,118,138,153 og 180.



**Vedlegg C. Analyse av sedimentprøver tatt i sjøen  
utenfor Ura deponi, Eydehavn og i Sandumkilen  
utenfor bekk fra Gjerstad deponi, Tromøya**

Norsk  
Institutt  
for  
Vannforskning

Postboks 173 Kjelsås  
0411 Oslo  
Tel: 22 18 51 00  
Fax: 22 18 52 00

# ANALYSE RAPPORT



**Navn** Arendal kommune. Kommunalteknikk  
**Adresse** Postboks 10, 4801 Arendal

**Deres referanse:**

Rolf Hamre

**Vår referanse:**

Rekv.nr. 2002-964

O.nr. O 22100

**Dato**

2003-12-05

Prøvene ble levert ved NIVAs laboratorium av oppdragsgiver, og merket slik som gjengitt i tabellen nedenfor. Prøvene ble analysert med følgende resultater:

Prøvenr	Prøve merket	Prøvetakings- dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
1	Ura, Eydehavn 0-2 cm	2002.04.23	2002.05.16	2002.05.24-2002.05.24
2	Sandumkilen 0-2 cm	2002.04.23	2002.05.16	2002.05.24-2002.05.24

Analysevariabel	Enhet	Prøvenr Metode	1	2
Tørrstoff	g/kg	B 3	671	444
Polyklorertbifenyl	28 µg/kg t.v. H 3-3		<0,10	<0,20
Polyklorertbifenyl	52 µg/kg t.v. H 3-3		<0,10	<0,20
Polyklorertbifenyl	101 µg/kg t.v. H 3-3		<0,10	<0,20
Polyklorertbifenyl	118 µg/kg t.v. H 3-3		<0,10	<0,20
Polyklorertbifenyl	105 µg/kg t.v. H 3-3		<0,10	<0,20
Polyklorertbifenyl	153 µg/kg t.v. H 3-3		0,14	0,20
Polyklorertbifenyl	138 µg/kg t.v. H 3-3		0,16	<0,20
Polyklorertbifenyl	156 µg/kg t.v. H 3-3		<0,10	<0,20
Polyklorertbifenyl	180 µg/kg t.v. H 3-3		<0,10	<0,20
Polyklorertbifenyl	209 µg/kg t.v. H 3-3		<0,10	<0,20
Sum PCB	µg/kg t.v. Beregnet*		0,3	0,2
Seven Dutch	µg/kg t.v. Beregnet*		0,3	0,2
Penta-klorbenzen	µg/kg t.v. H 3-3		0,06	<0,10
Alfa-hexakl.cyclohex.	µg/kg t.v. H 3-3		<0,10	<0,20
Hexa-klorbenzen	µg/kg t.v. H 3-3		0,17	<0,10
Gamma-hexakl.cyclohex	µg/kg t.v. H 3-3		<0,10	<0,20
Oktaklorstyren	µg/kg t.v. H 3-3		<0,05	<0,10
4,4-DDE	µg/kg t.v. H 3-3		<0,10	<0,20
4,4-DDD	µg/kg t.v. H 3-3		<0,15	<0,30

\* : Analysemetoden er ikke akkreditert.

Sum PCB er summen av polyklorerte bifenyl er som inngår i denne rapporten.

Seven dutch er summen av polyklorerte bifenyl er 28,52,101,118,138,153 og 180.

## **Vedlegg D. Analyse av klorerte forbindelser i passiv prøvetaker med SPMD (semipermeabel dialysemembran)**

**Tabell 14.** Analyse av klorerte forbindelser i passive prøvetakere. Resultatene korrigert for blindprøven er angitt i ng/prøve.

<b>Forbindelse</b>	<b>Blindprøve</b>	<b>Høgedal</b>	<b>Klodeborg</b>
Pentaklorbensen	0,65	1,33	0,75
Alfa-hexaklorcyclohexan	<0,50	i	i
Hexaklorbensen	0,47	7,03	0,48
Gamma-hexaklorcyclohexan (Lindan)	1,3	1,3	1,3
Oktaklorstyren	<0,30	<0,30	<0,30
4,4-DDE	<2	<2	<2
4,4-DDD	<0,80	6,9	1,6
PCB 28*	0,81	17,19	49,19
PCB 52*	<0,50	8,6	14
PCB 101*	<0,50	3,1	1,9
PCB 105	<0,50	0,68	<0,5
PCB 118*	<0,50	1,7	0,81
PCB 138*	0,59	1,31	0,41
PCB 153*	<0,50	1,9	0,80
PCB 156	<0,50	<0,50	<0,50
PCB 180*	<0,50	0,87	<0,50
PCB 209	<0,50	<0,50	<0,50
<b>Sum PCB</b>	<b>1,4</b>	<b>35</b>	<b>67</b>
<b>Sum PCB7*</b>	<b>1,3</b>	<b>34,67</b>	<b>67</b>

i = Forbindelsen er sannsynligvis dekket av en lavklorert PCB-kongener.